

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-326981

(43)Date of publication of application : 16.12.1997

(51)Int.Cl.

H04N 5/74

(21)Application number : 08-144248

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 06.06.1996

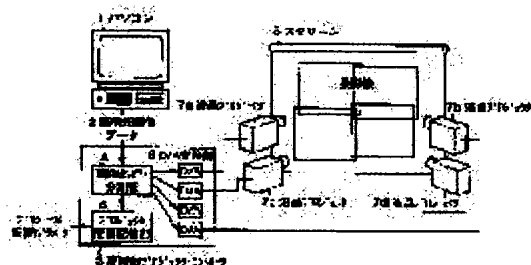
(72)Inventor :
HIGURE MASAKI
NAGASAKI TATSUO
KOMIYA YASUHIRO
OU KOUTATSU
I OKAJI

(54) IMAGE PROJECTION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a projection picture of high definition utilizing the resolution of input data.

SOLUTION: In this system, high-definition picture data generated and outputted by a personal computer 1 is inputted to the picture processing and dividing part 4 of a controller part 3. This part 4 decides a part of data 2 to be outputted to each of projectors 7a to 7d based on a parameter previously stored in a projector arrangement storage part 5 and implements a prescribed processing. The signal of the part 4 is inputted to a plurality of D/A conversion parts 6 to be converted to an analog signal by the part 6 and then the picture is projected on a screen 8 by each of projectors 7a to 7d. The projected picture projected on the screen 8 in this way becomes a high-definition picture in which each picture is accurately positioned.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-326981

(43)公開日 平成9年(1997)12月16日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 4 N 5/74

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 N 5/74

技術表示箇所

B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平8-144248

(22)出願日 平成8年(1996)6月6日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 日暮 正樹

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 長崎 達夫

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 小宮 康宏

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

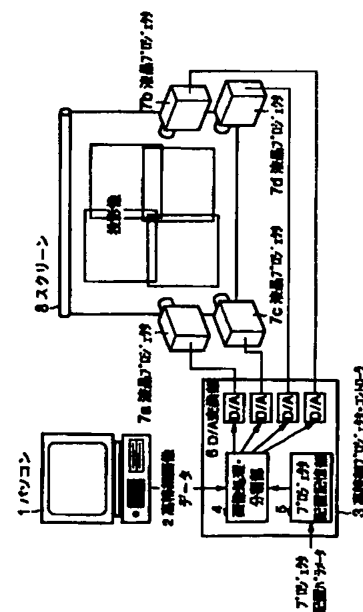
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像投影システム

(57)【要約】

【課題】入力データの解像度を生かした高精細な投影画像を得ること。

【解決手段】本システムは、パソコン1で作成・出力された高精細画像データ2はコントローラ部3の画像処理・分割部4に入力される。該画像処理・分割部4では、予めプロジェクタ配置記憶部5に記憶されたパラメータに基づいて各プロジェクタに高精細画像データ2のどの部分を出力するかが決定され、所定の処理が行われる。上記画像処理・分割部4の信号は複数のD/A変換部6に入力され、該D/A変換部6にてアナログ信号に変換された後、各プロジェクタ7a乃至7dにより画像がスクリーン8上に投影される。こうしてスクリーン8上に投影された投影画像は、各画像が正確に位置合わせされた高精細な画像となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高精細画像データを生成する画像生成手段と、

上記高精細画像データの少なくとも一部を投影するための複数のプロジェクタを有する画像投影手段と、

上記高精細画像データの少なくとも一部を選択・処理して上記複数のプロジェクタに出力する画像処理手段と、を具備することを特徴とする画像投影システム。

【請求項2】 上記画像処理手段は、

上記複数のプロジェクタによって正確な画像を投影するための処理に必要なパラメータを記憶するパラメータ記憶手段と、

上記パラメータに基づいて上記画像データを分割・処理し上記複数のプロジェクタへ出力する画像分割・処理手段と、を更に具備することを特徴とする請求項1に記載の画像投影システム。

【請求項3】 観客の視点付近に配置され投影画像を撮影する撮像手段と、

上記投影画像を上記撮像手段で撮影した画像データから上記プロジェクタ配置パラメータを算出するパラメータ算出手段と、を更に具備することを特徴とする上記請求項1又は請求項2に記載の画像投影システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数のプロジェクタの画像をスクリーン上で合成して高精細な画像の投影を実現する画像投影システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、大人数向けに行うプレゼンテーションでは、オーバーヘッドプロジェクタ(OHP; Over Head Projector) やスライドが使用されてきた。一方、最近のパーソナルコンピュータの普及とアプリケーションソフトの充実に伴い、パーソナルコンピュータとプロジェクション・ディスプレイ(以下、プロジェクタと称する)を組み合わせたプレゼンテーション・システムが採用されるようになってきた。このシステムの特徴は、パーソナルコンピュータ上で作成した画像や原稿をOHPシートに印刷したりスライド用フィルムに撮影する手間が省けること、特に自然画像の場合には作成段階で見ている色がそのまま得られることにある。このようなプロジェクタでは、特に従来のCRTディスプレイ(Cathode Ray Tube display monitor) に比して、より軽量で設置の煩雑さの少ない液晶パネルを用いたプロジェクタが中心に利用されている。

【0003】 ここで、図23にはパーソナルコンピュータと液晶プロジェクタとを組み合わせたプレゼンテーション・システムの一例を示し説明する。同図に於いて、*

$$X = m \cdot (d \cdot x + e \cdot y + f) / (a \cdot x + b \cdot y + c)$$

$$Y = m \cdot (g \cdot x + h \cdot y + i) / (a \cdot x + b \cdot y + c) \quad (1)$$

しかしながら、この技術をプロジェクタの投影画像に対して応用しようとした場合には、上記(1)式の変換に

* パーソナルコンピュータ201上で作成された画像・原稿データは、モニタ出力から分岐して液晶プロジェクタ202の処理制御部206に出力される。液晶プロジェクタ202の処理制御部206では、この入力されたデータが処理され、液晶パネル(LCP)204に出力される。液晶パネル204では、この入力画像データに応じた画像が表示される。そして、光源203からの光は、液晶パネル204に表示した画像の階調によってその透過量が決定された後、投射レンズ207を介してスクリーン208に投影される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記液晶プロジェクタによって投影された画像の解像度は液晶パネルの画素数によって決定される。現在、液晶パネルの解像度を超えた画像信号を入力できるプロジェクタは存在するものの、液晶パネルの画素数に合わせるべく原画像データを間引いている為に原画像の解像度を生かしていない。

【0005】 更に、原画像の1部分を表示しスクロールで全体を投影するプロジェクタもあるものの、1度で全体を見ることができないといった欠点がある。かかる問題を解決する為には、より高精細な投影画像を得る場合には液晶パネルの画素数を増やさなくてはならないが、そのような高精細な液晶プロジェクタは非常に高価なものとなる為、一般に汎用されるには適していない。

【0006】 また、高解像度の液晶パネルを用いた場合、処理制御部の負荷も増大する。さらに、パネル上の制御部分の面積が広くなり、結果として光源光の利用効率が悪く投影画像は暗いものになるといった欠点がある。

【0007】 さらに、正確な画像を投影するには、プロジェクタ本体を正確に水平に設置することや、スクリーンに正対していなければならない等の条件が必要とされる為、プロジェクタの設置が正確でない場合、投影画像は回転してしまったり、一般に言われる「あおり」といった現象が生じたものになってしまう。

【0008】 また、特開平2-306782号公報では、TVカメラで撮影したセットの一部に予め用意した画像(はめ込み画像)を挿入する技術が開示されている。この技術は、はめ込み画像に対して、カメラ方向に応じたあおりを人工的に生じさせて(この変換を一次透視変換と称する)TVカメラの画像に挿入するものである。この技術では、はめ込み画像の上の座標を(x, y)、TVカメラの画像内の座標を(X, Y)としたとき、一次透視変換を次式(1)で表現している。

【0009】

50

関して画像の回転を考慮していない、プロジェクタの投影方向を検出する手段を必要とするといった問題が生じてしまう。

【0010】本発明は、上記問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、パーソナルコンピュータと複数のプロジェクタ、高精細な入力画像を分割して各プロジェクタに画像信号を出力するコントローラ部を組み合わせ、入力データの解像度を生かした高精細な投影画像を得ることにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の態様による画像投影システムは、高精細画像データを生成する画像生成手段と、上記高精細画像データの少なくとも一部を投影するための複数のプロジェクタを有する画像投影手段と、上記高精細画像データの少なくとも一部を選択・処理して上記複数のプロジェクタに出力する画像処理手段とを具備することを特徴とする。

【0012】そして、第2の態様による画像投影システムは、上記画像処理手段が、上記複数のプロジェクタによって正確な画像を投影するための処理に必要なパラメータを記憶するパラメータ記憶手段と、上記パラメータに基づいて上記画像データを分割・処理し上記複数のプロジェクタへ出力する画像分割・処理手段とを更に具備することを特徴とする。

【0013】さらに、第3の態様による画像投影システムは、観客の視点付近に配置され投影画像を撮影する撮像手段と、上記投影画像を上記撮像手段で撮影した画像データから上記プロジェクタ配置パラメータを算出するパラメータ算出手段とを更に具備することを特徴とする。

【0014】上記第1乃至第3の態様は以下の作用を奏する。即ち、本発明の第1の態様による画像投影システムでは、画像生成手段により高精細画像データが生成され、画像処理手段により上記高精細画像データの少なくとも一部が選択・処理されて上記複数のプロジェクタにそれぞれ出力され、複数のプロジェクタを有する画像投影手段により上記高精細画像データの少なくとも一部が投影される。

【0015】そして、第2の態様による画像投影システムでは、上記画像処理手段において、パラメータ記憶手段により上記複数のプロジェクタによって正確な画像を投影するための処理に必要なパラメータが記憶され、画像分割・処理手段により上記パラメータに基づいて上記画像データが分割・処理されて上記複数のプロジェクタに出力される。

【0016】さらに、第3の態様による画像投影システムでは、観客の視点付近に配置された撮像手段により投影画像が撮影され、パラメータ算出手段により上記投影画像を上記撮像手段で撮影した画像データから上記プロ

ジェクタ配置パラメータが算出される。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。先ず本発明の第1の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。図1は第1の実施の形態に係る画像投影システムの構成を示す図である。

【0018】同図に示されるように、本実施の形態に係る画像投影システムは、大きく別けて、画像・原稿を作成して高精細画像データ2を出力するパーソナルコンピュータ（以下、パソコンと略記する）1と、パソコン1からの高精細画像データ2を処理・分割して出力する高精細プロジェクタ・コントローラ部3と、複数のプロジェクタ7a乃至7dとで構成されている。

【0019】上記高精細プロジェクタ・コントローラ部3は、更に画像処理・分割部4と、プロジェクタ配置記憶部5、D/A変換部6からなる。更に、ここでは図示していないが各機能をコントロールする制御部も含まれている。

【0020】このような構成において、パソコン1で作成・出力された高精細画像データ2はコントローラ部3の画像処理・分割部4へと出力される。該画像処理・分割部4では、予めプロジェクタ配置記憶部5に記憶されたパラメータに基づいて各プロジェクタに高精細画像データ2のどの部分を出力するかが決定され、所定の処理が行われる。このプロジェクタ配置記憶部5に記憶されたパラメータ及び画像処理・分割部4等の各構成要素の機能又は作用についての詳細は後述する。

【0021】上記画像処理・分割部4の信号は複数のD/A変換部6へと出力され、該D/A変換部6にてアナログ信号に変換された後、各プロジェクタ7a乃至7dにより画像がスクリーン8上に投影される。こうしてスクリーン8上に投影された投影像は、各画像が正確に位置合わせされた高精細な画像となる。

【0022】ここで、図2を参照して上記液晶プロジェクタ7とスクリーン8が正対していない場合に、投影画像全体をあおりがなく正確なものとする手法を説明する。上記プロジェクタ7とスクリーン8が正対していない場合には、投影像の各部分で倍率が異なり、図2

(a)に示されるような「あおり」のある画像になってしまう。スクリーン8上でどの様に投影されるかは、プロジェクタ7の光軸に沿ったプロジェクタ7とスクリーン8との距離d、光軸を回転軸としたときのプロジェクタ7の回転角 ω 、プロジェクタ7の基準点Cからスクリーン8に降ろした垂線C-Sとプロジェクタの光軸で決定される平面がZX平面となす角度（あおりの生じる方向） θ 、垂線C-Sとプロジェクタ7の光軸のなす角度（あおり角） ϕ で決定される。

【0023】いま、プロジェクタ7に入力する画像上で画像中心を原点oとした座標を(x, y)、図2のよう

にスクリーンとプロジェクタの光軸が交差する点を原点
Oとし、スクリーン上水平方向にX軸・垂直方向にY
軸、スクリーンの法線方向にZ軸を取った座標を(X,
Y, 0)としたとき、(x, y)と(X, Y)の関係は*

*以下の(2), (3), (4)式に表される。

【0024】

【数1】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m(c_x \cdot z_3 - x_3 \cdot c_z) / (z_3 - c_z) \\ m(c_y \cdot z_3 - y_3 \cdot c_z) / (z_3 - c_z) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} p_3 &= (x_3, y_3, z_3)^T = R \cdot (x, y, 0)^T \\ C &= (c_x, c_y, c_z)^T = R \cdot (0, 0, d)^T \\ R &= (R_3 \cdot R_2 \cdot R_1) \end{aligned} \quad (3)$$

$$R_1 = \begin{pmatrix} \cos(\omega - \theta) & \sin(\omega - \theta) & 0 \\ -\sin(\omega - \theta) & \cos(\omega - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

【0025】上記式において、行列右肩のTは転置を示し、mはスクリーンとの距離dで表されるスケールファクタである。Rは θ , ϕ , ω による回転を表す行列で、座標Cはプロジェクタの基準点の上記XYZ座標系における位置である。

【0026】このd, θ , ϕ , ω から逆算し、予め図2(b)に示されるようにあおりを補正した画像を生成・出力することで、投影された画像は全体が等倍率で正確なものとなる。この様子は後述する。また、ここではd, θ , ϕ , ω から投影状態を決定するとして説明したが、投影状態が正確に記述・補正できれば他のパラメータの組でもよいことは勿論である。

【0027】図3は原画像と各プロジェクタへの出力画像の関係を示す図である。図3(a)はプロジェクタの解像度に比べて高精細な原画像であり、この画像をスクリーン上に図3(b)に示されるような位置関係で投影する2台のプロジェクタに出力する。この場合、図3

(c)に示されるように右側のプロジェクタには、左側のプロジェクタの画像から下にずれた部分の画像を出力すると、スクリーン上では図3(d)のように全体として原画像と略同じ画像が投影される。

【0028】また、オーバーラップする部分は、例えば特願平6-141246号公報に開示された画像の貼合

わせ技術を採用して整合を取る。複数の画像の重複部分の処理技術を応用して、原画像の値に図3(e)に示されるような係数を乗じてプロジェクタに出力することで、接合部分をスムーズに接続することができる。

【0029】こうして接合された例を図3(f)に示す。この図3(f)では、2枚の画像の1ライン(例えば図3中のA-Bを結ぶ線)がそれぞれ破線で示されている。実線は、それぞれのデータ値に図3(e)に示した係数を掛けて出力したときの投影された画像の値である。図3(b)では、プロジェクタの倍率は同じとして説明したが、倍率が異なる場合は図3(c)で選択する部分の大きさを変えることで対応可能である。

【0030】以上の方法は、2台以上のプロジェクタを用いる場合にも同様に適用可能である。更に、液晶パネルの画素が比較的粗いため、投影画像に液晶の画素がはっきり投影されて見にくい画像となる場合や、それぞれのプロジェクタの倍率の違いからオーバーラップ部分でモアレ現象が起こる場合もあるが、これら現象は、投影像のピントを少し甘くして画素をボケさせる等により防止することができる。また、図3ではオーバーラップ部分で乗じる係数を線形に変化させたが、スムーズに接合できるのであれば、例えばsin関数のように非線形に変化させてもよい。

30

40

50

【0031】図4には、あおり補正画像生成の手法を示し説明する。図4(a)は投影画像を示し、図4(b)はプロジェクタに入力する画像データを示している。図4(b)の q_0, q_1, q_2, q_3 で囲まれる領域 S_q はプロジェクタに入力できる最大の画像を示し、その投影像が図4(a)の Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 で囲まれる領域 S_Q に相当する。

【0032】図4(a)で網掛けした P_0, P_1, P_2, P_3 で囲まれた領域 S_P は実際の投影に利用される領域で、プロジェクタ入力画像では P_0, P_1, P_2, P_3 で囲まれた領域 S_P に対応する。 S_P の基準点は2辺のなす角度が最大となる点 P_0 とし、 P_1, P_3 はそれぞれ水平、垂直に引いた直線が S_Q の各辺と交差する点で、 P_2 は他の3点と長方形をなす点である。また、図4(b)の P_0, P_1, P_2, P_3 で囲まれる領域 S_P はプロジェクタに入力する画像のうち S_P に対応する部分である。

【0033】プロジェクタ入力画像の画像中心から数えた画素位置 (i, j) は、上記(2)式によって (X_i, Y_j) に変換される。そこで、画素位置 (i, j) の値は図3(c)のように各プロジェクタ用に選択された原画像中 (X_i, Y_j) に対応するピクセルの値を用いる。このとき (X_i, Y_j) が整数でない場合には線形補間、双三次補間等の公知の補間手法によって値を求める。また、変換後、 (X_i, Y_j) が S_P 外に出てしまう場合は画素値をゼロとする。ここでは、 S_P を上記のように決定したが、 S_Q 内であれば S_P を任意の位置、大きさに設定することができる。

【0034】図5には上記変換を実現する画像処理・分割部4の詳細な構成を示して説明する。同図において、画像処理・分割部4は、更に表示画像選択部9、補間部10、係数設定部11からなる。この表示画像選択部9は、図3で説明したように、原画像中で本システムで投影できる部分を決定するパラメータをパラメータ記憶部12から参照して各プロジェクタで投影する部分を決定し、複数のプロジェクタ用の画像を出力する。

【0035】補間部10では、パラメータ記憶部12から各プロジェクタの回転、シフト、あおりのパラメータを読み出し、表示画像選択部9の各出力画像がスクリーン上で正確な投影像が結ぶように変形・補間して出力する。さらに、係数設定部11は、パラメータ記憶部12から各プロジェクタの投影画像のオーバーラップ・パラメータを読み出し、スムーズに接合されるように先に図3(f)に示した係数を設定する。この係数は、補間部10の出力画像に乘じられ、最終画像としてD/A変換部6を通過して各プロジェクタに出力される。

【0036】図6は図3に加えて左右のプロジェクタにあおりがある場合、画像分割・処理部4で投影画像を決定する過程を示したものである。この例では、右の画像には横方向にあおりが生じ、左の画像には右上方斜めに

あおりが生じている。この状態で図3(c)と同じ画像を投影すると、図6(a)のように原画像とは異なり、歪んだために両方の投影がずれた画像が観察されてしまう。そこで、かかる問題を解決すべく、パラメータ記憶部12に記憶したあおりパラメータによって変換し、図6(b)のような画像を投影する。これにより、図6(c)のようにスクリーン上で原画像に忠実な高精細画像が得られる。

【0037】尚、本実施の形態では、アナログ信号でプロジェクタにデータを送るとして説明しているが、プロジェクタにデジタル信号の入力端子がある場合はデジタルデータで出力することが可能で、D/A変換部が不要であることは勿論である。

【0038】次に本発明の第2実施の形態に係る画像投影システムを説明する。この第2の実施の形態は、第1実施の形態にプロジェクタの配置を決定するパラメータを算出する部分を更に付加したものである。

【0039】図7は第2の実施の形態に係る画像投影システムの構成を示す図である。同図に示されるように、本実施の形態は大きくコントローラ部21、プロジェクタ28、デジタルカメラ29からなる。上記デジタルカメラ29は、実際にプレゼンテーション等を見る人の位置近くに配置され、投影像30を撮影できるようになっている。設定の際には、画像切替部26を切り替えて、基準画像生成部25で生成した基準画像を投影する。

【0040】この投影された基準画像はデジタルカメラ29で撮影され、その画像はコントローラ部21のプロジェクタ配置パラメータ算出部24に入力された後、プロジェクタの配置を決定するパラメータ $(d, \theta, \phi, \omega)$ が算出される。

【0041】こうして算出されたパラメータはプロジェクタ配置記憶部23に記憶され、必要なときに画像処理・分割部22に読み出される。画像処理・分割部22は、読み出されたパラメータを用いて、プロジェクタ28にD/A変換部27を通して出力する画像を作成する。尚、ここでは基準画像をセッティングの際に生成することとしているが、基準画像生成部25を基準画像記憶部として構成しても良いことは勿論である。

【0042】図8には上記パラメータ算出部24の詳細な構成を示し説明する。同図において、パラメータ算出部24は、あおり量算出部30、オーバーラップ・回転量算出部31、あおり補正部32、画像メモリ部33からなる。

【0043】このような構成において、デジタルカメラ29で撮影された画像は、画像メモリ部33で一時的に記憶され、必要なときに読み出されて、あおり量算出部30で基準画像と比較され、あおりパラメータが決定される。あおりパラメータはパラメータ記憶部に出力されると共に、あおり補正部32に入力される。

【0044】あおり補正部32では、あおりパラメータ

に基づいてデジタルカメラ29で撮影された画像をあおりが補正された投影像を撮影した画像に補正する。オーバーラップ・回転量算出部31では、この画像から各プロジェクトの投影像同士の回転・オーバーラップを算出し、パラメータ記憶部23に出力する。

【0045】パラメータを算出するためにデジタルカメラ29で撮影する際に投影される投影像30は、例えば一定間隔に輝点や十字を並べたもの、格子模様等既知の画像で上記パラメータが正確に求められるものであればその形態は問わない。

【0046】このとき、複数のプロジェクト28で順番に参照画像を投影して1台毎にパラメータを決定する方法や、投影する画像の色をそれぞれのプロジェクト用に変えて投影し、デジタルカメラ29で取り込んだ画像から色を指定して各プロジェクトのパラメータを決定することもできる。

【0047】以下、図9を参照して、第2の実施の形態において、角度を変えた直線を複数回に別けて表示することでパラメータを算出する手法を説明する。プロジェクト28に画像中心を通り長さLの線分を水平からの角

*9(a)参照)、撮影した画像上の線分が長さ L'_m 、角度 α'_m で観測されたとする。ここで、 α'_m は撮影した画像中で水平からの角度、 L'_m は中心から端点までの距離 L_{1m} 、 L_{2m} に分ける($L'_m = L_{1m} + L_{2m}$)。このとき、画像の回転角 ω は以下の(5)式で表される。

$$\omega = \alpha'_m - \alpha_m \quad (5)$$

また、ここでは線分2が L'_m のうち最大になったとすると、あおりの生じる方向 θ は次式で示される。

$$\theta = \alpha_2 \quad (6)$$

さらに、線分2と直交する方向を k として、 L_{1m} 、 L_{2m} を (L/L'_k) で規格化する。

$$\begin{aligned} l_{1m} &= L_{1m} * (L/L'_k) \\ l_{2m} &= L_{2m} * (L/L'_k) \end{aligned} \quad (7)$$

これらからパラメータ ϕ 、 d は以下の(8)式で求められる。

【0050】

【数2】

$$\begin{aligned} \cos \phi &= \frac{l_{1m} + l_{2m}}{2 \cdot l_{1m} \cdot l_{2m}} \cdot L \\ d &= \frac{2 \cdot l_{1m} \cdot l_{2m}}{|l_{1m} - l_{2m}|} \cdot \sin \phi \end{aligned} \quad (8)$$

【0051】次に図10を参照して、パラメータを算出する際に投影される投影像30の例として格子点の場合を説明する。同図に於いて、点線で囲まれた領域はプロジェクトの投影像、実線で囲まれた部分がデジタルカメラ29の撮影範囲をそれぞれ示す。また、左右の投影像が一部オーバーラップし、左の画像は上下方向にあおりが生じている。

【0052】まず、デジタルカメラで撮影された画像101から、2値化、パターンマッチング等の方法で左右の格子点に対応する位置を算出する。また、片方の投影像内(図10では左投影像)で、デジタルカメラの画像上での位置と間隔 d_1 、 d_2 …の比と実際にプロジェクトに入力される画像データ上での格子点位置・間隔 w [pixel] から、上記(2)式の各パラメータを求め、あおりを補正することができる。

【0053】また、格子点は、プロジェクトに入力された時の位置は既知であるので、デジタルカメラの画像101上のシフト量 s からスクリーン上での両投影像の位置関係が計算できる。

【0054】この図10では、両プロジェクトのオーバーラップ付近をデジタルカメラで撮影するように説明しているが、解像度が十分であれば全体を撮影するようにしても良い。また、カメラの制御部も組み込み、始め全

体を撮影した画像で大雑把な計算をし、次にある部分を拡大して撮影した画像で正確にパラメータを決定することもできる。更に、投影する画像を少しずつ変形し、その投影像を撮影した画像が理想的な撮影画像に近付く様にフィードバックをかける逐次的な方法(例えば最急降下法)を用いることもできる。

【0055】また、上記あおりが大きくなった場合にはピントはずれの影響が大きくなるが、その場合には、あおり補正レンズと呼ばれる光学系を投射レンズに組み込むことで回避することができる。

【0056】次に図11にはパラメータ算出部24の他の構成を示し説明する。これは、デジタルカメラの画像の歪みを補正する歪み補正部35を新たに加えたものである。その他の構成は図8と同様であるため、説明を省略する。

【0057】一般に、カメラレンズはスペースバリエーションな歪みが生じることが多い。ところが、本発明のシステムでは投影像を撮影した画像からパラメータを決定するため、上記歪みが存在するのは望ましくない。そこで、パラメータ算出に用いる前に画像の歪みを補正することで、正確にパラメータを算出することができる。歪みの補正は、デジタルカメラがレンズの焦点位置を記録するようなフォーマットになっていれば容易に実現でき

る。

【0058】この第2の実施例では、投影画像を撮影した画像データを、デジタルカメラ29から直接プロジェクタ配置パラメータ算出部24に入力しているが、フロッピーディスク、PCカードなどの媒体を用いてオフラインにプロジェクタ配置パラメータ算出部24へ入力することも可能である。

【0059】また、投影画像を撮影するのにデジタルカメラを用いて説明したが、一般のCCDカメラ、ビデオカメラ等でも画像入力ボードやA/D変換部を設けること

【0060】次に第3の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。図12には先端に高輝度LEDを設けた差し棒で頂点、格子点などスクリーン上における投影画像の特徴点をポインティングして撮像する例を示し説明する。

【0061】この例では、投影像に比べてポインティングした点は非常に明るくできる為、デジタルカメラの撮影画像から特徴点の抽出が容易になる。また、高輝度LEDの代わりにレーザーポインタでポインティングして

【0062】図13は、プロジェクタ内にポインティングデバイスを開けた例を示して説明する。同図に示されるように、画像はLCP43上に表示され、光源42からの光がLCP43、光学系44、投射レンズ45を通してスクリーン50に投影される。半導体レーザ(LD)46から出たレーザ光線(図では点線で示す)はミラー48、49で反射されスクリーン上に投影される。

【0063】上記ミラー49は可倒式であり、投影状態を決定する為にポインティングする場合は図のように光軸上に置き、画像を投影する場合は倒して光軸上から除く。処理制御部47は画像表示のためにLCP43を制御すると共に、ミラー48の角度を調整し、特徴点位置にレーザの輝点を投影する。

【0064】ポインティングデバイスをプロジェクタ内に置くことで、特徴点を正確かつ自動的に指定することができる。また、ミラー49を可倒式にすることで光源42、LD46からの光の利用効率を上げることができる。

【0065】なお、ここでは、レーザ光線がLCP43を通してスクリーンに投影するように説明しているが、LCP43よりスクリーン側にミラー49を設けても良いことは勿論である。さらに、デジタルカメラ29の撮影画像データをパソコンで表示しながらマウス等を用いて指示するなど可能であり、正確に指定できれば特徴点の抽出方法は問わない。

【0066】図14はスクリーン上に微小な光センサを多数配置することで投影状態を決定する例である。同図に於いては、投影画像のかかるセンサを黒丸で、かからないセンサを白丸で示している。このように、光の照射

されているセンサを検出することでスクリーン上への投影状態が分かる。重要なのはパラメータが正確にできるようなパラメータが算出されることであり、上記以外の方法でも本発明のシステムは構成できることは勿論である。

【0067】次に第4の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。第4の実施例は、複数のプロジェクタを用いた高輝度・多階調プロジェクタである。以下、図15を参照して本実施例を説明する。

【0068】同図に於いて、複数のプロジェクタ51の画像を正確に重ねて投影画像52を投影する。このとき、両方のプロジェクタから全く同じ画像を出力すれば、スクリーン上では1台で投影する場合の2倍の輝度で観測されるので、本発明のシステムは高輝度なプロジェクタとして機能する。

【0069】また、一般に画像データは各色0から255までの256階調で表現されるが、本発明のシステムではN台のプロジェクタを用いて255×N+1階調の画像を表現できる。例えば二台のプロジェクタを使用した場合、114の値のデータはそれぞれのプロジェクタに57、57を入力し、データ値317は159、158を入力するといったようにすれば、最大510階調(両プロジェクタに255を入力)のデータを考慮できる。

【0070】本発明は第2の実施の形態にある通り、見る人の視点で投影画像を撮影した画像データから自動的に位置合わせしてプロジェクタに補正画像が出力されるので、本実施例のシステムが非常に簡単に実現される。

【0071】また、各プロジェクタの出力画像に視差を付けることで立体画像の表示も可能である。本発明のシステムではプロジェクタの解像度が全て生かせるので、従来に比べ高解像度な立体画像を表示できる。

【0072】次に第5の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。上記各実施例では平面上のスクリーンを想定したが、本実施の形態のように、図16に示される円球状のスクリーンを用いても本発明は有効である。

【0073】即ち、図16(a)は多人数を対象にした投影システムである。このようなシステムは視界の広い範囲に映像を表示できるため、高い臨場感を得ることができる。本発明を利用して、このような投影システムを非常に簡単にセッティングすることができる。

【0074】また、図16(b)に示されるように、個人用の投影装置への応用も考えられる。個人用として、HMD(Head Mounted Display)と呼ばれる装置を装着して高い臨場感のディスプレイを実現する例があるが、本例はHMDとは異なり特殊な装置を装着する必要がないので圧迫感等が無く楽に見ることができる。更に、至近距離でディスプレイを見る必要が無く目への負担が小さい、HMDより高解像度の画像が得られる等の効果がある。

【0075】プロジェクタの設置は図16(c), (d)のように観客の下から投影しても良く、上下から投影することもできる。また、図16(e)のようにリアプロジェクション型のディスプレイも可能である。

【0076】この第5の実施の形態に係る画像投影システムは、見る人の視点で投影状態を補正できる為、平面形状以外のスクリーンへの投影も簡単にセッティングできる点が特徴である。

【0077】次に第6の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。図17は各プロジェクタへの出力画像を記憶する記憶媒体を組み合わせた例である。同図に示されるように、コントローラ部61は画像処理・分割部62、プロジェクタ配置記憶部63、プロジェクタ配置パラメータ算出部64、D/A変換部65に出力画像記憶部66を加えて構成される。

【0078】このような構成において、画像処理・分割部62で作成された各プロジェクタへの出力画像は一旦出力画像記憶部66に記憶される。プロジェクタに出力する際は、出力画像記憶部66から順次読み出される。

【0079】この出力画像記憶部66はコントローラ部61の外部に設けても良い。これらの記憶媒体は、HDD (Hard Disk Drive), CD-ROM, DVD (Digital Video Disc) 等で構成することができる。この第6の実施の形態に係る画像投影システムは、何回も同じ画像を使用する場合に有効である。

【0080】次に第7の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。図18に示されるようにソフトウェアで処理することも可能である。同図に於いて、CPU75は、ハードディスク等記憶媒体に記憶された画像処理・分割ソフトウェア72、プロジェクタ配置パラメータ73を読み込み画像・原稿データ71を補正・分割し、投影データ77a, 77b…を作成する。

【0081】こうして作成された投影データ77は画像入出力ボード76を通してプロジェクタ79a, 79b…に出力される。また、ビデオカメラ80で投影画像を撮影したプロジェクタ配置決定用画像データ78とプロジェクタ配置パラメータ算出ソフトウェア74を読み込んでプロジェクタ配置パラメータを計算し、記憶媒体に記憶する。この第7の実施の形態に係る画像投影システムは、ハードウェアの場合に比べて安価に実現でき、動画を必要としない場合や予め画像を用意できる場合に有効である。

【0082】次に第8の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。先に第5の実施の形態で、リアプロジェクションタイプのディスプレイの例を示したが、本実施の形態は、小さなプロジェクタ（マイクロプロジェクタ）を多数並べて高精細かつ薄型のディスプレイを実現するものである。

【0083】図19は本システムを薄型ディスプレイに応用した実施の形態を説明する図である。同図の構成の

うち、画像分割・処理部91、パラメータ記憶部92、パラメータ算出部93、基準画像生成部94、画像切替部95は上記実施例と同じである。また、観客に視点付近で投影像を撮影した画像はパラメータ算出部93に入力される。この例では、スクリーン97に後ろから投影するリアプロジェクションタイプのディスプレイを想定している。

【0084】第8の実施の形態の特徴は、前記実施例で用いたプロジェクタより非常に小型のマイクロプロジェクタ96を用い、各プロジェクタの投影範囲は限定されるが多数並べることで大型のディスプレイを構成することにある。

【0085】また、ディスプレイ本体は小型であるため、各光源はあまり高出力のものを必要としない。そのため、奥行きは小さいが、多数のディスプレイを並べているため、従来に比べて非常に高精細な画像を見ることができる。

【0086】図20はマイクロプロジェクタ96を赤、緑、青色の3原色のレーザーで構成した例である。メモリ106の画像に応じてドライバ105がミラー104a乃至104cの角度と各レーザー101乃至103の出力強度を調整し、所望の方向をスキャンする。ミラーの角度は、ミラーの中央部をフレキシブルな支柱に固定し、2方向から電磁石で変化させることができる。

【0087】この図20では、一色を1枚のミラーで受け持たせているが、各色2枚のミラーで、それぞれx方向、y方向のスキャンを制御することもできる。最近赤色に続き、緑、青色の半導体レーザーも実用化されるようになってきているので、これらの半導体レーザーを用いた非常に小型のスキャン型プロジェクタを出力装置とすれば、画面サイズに比べて奥行きの短いディスプレイが実現できる。

【0088】また、マイクロプロジェクタはLEDアレイや、Digital Micromirror Device (DMD) と呼ばれる素子を用いて構成することも可能である。次に第9の実施の形態に係る画像投影システムを説明する。

【0089】画像の補正はプロジェクタの前に調整用の光学系を用いることも可能である。以下、図22を参照して第9の実施の形態を説明する。同図に於いて、コントローラ部121は、画像分割・処理部122、パラメータ記憶部123、パラメータ算出部124、画像切替部126、D/A変換部127からなり、デジタルカメラ125で投影像を撮影した画像から正確な投影に必要なパラメータを算出するのは前記の各実施例と同様である。

【0090】第9の実施の形態では、それに加えて調整光学系128、調整光学系コントロール部129が新たに加えられている。調整光学系コントロール部129は、スクリーン上に正確な投影像を結ぶように、パラメ

ータ記憶部に記憶されたパラメータを元にしてプロジェクタのレンズ前面に新たに設けられた調整光学系を駆動する。調整光学系128は正の屈折力を持つレンズ群と負の屈折力を持つレンズ群からなり、シフト、チルトの機構があれば本システムに必要な画像のシフト、あおり、ピント外れを調整可能である。

【0091】ここで、図21には一例として画像シフト調整例を示す。始め網掛けをした位置にレンズがあり、光軸上にLCD面があると、スクリーン上では113の位置に投影像を結ぶ。この状態からレンズを上方にシフトさせると、スクリーン上の114の位置に投影像ができる。また、図には示さないが、あおり、ピント外れはチルトや2つのレンズ群間隔の調整で補正できる。

【0092】この第9の実施の形態では、光学系のみで補正するように説明したが、画像分割・処理部での補正処理と組み合わせることも可能である。以上の実施の形態の説明では述べなかったが、LCDの代わりにCRTを使ったプロジェクタにも応用できる。

【0093】以上説明した実施の形態は以下の効果を得る。即ち、第1に本システムでは、高精細画像データを複数のプロジェクタに分割して投影することで、プロジェクタに用いられている液晶パネルより高解像度な原稿・画像を表示することができる。第2に高精細画像データを複数のプロジェクタに分割して投影することは、予め記憶した投影状態を基に各プロジェクタへの出力画像を作成するため、調整後の投影は自動的に行うことができる。第3に各プロジェクタで投影する画像としてあおり等を補正した画像を出力するため、原画像に忠実な投影画像が得られる。

【0094】第4に複数のプロジェクタの投影画像を観客の視点位置付近に置いた撮像装置で撮影し、得られた画像データから自動的にプロジェクタ同士の位置関係や投影画像の変形を補正するパラメータを算出することができる。そのため、複数のプロジェクタを用いた高精細プロジェクタを非常に簡単にセッティングすることができる。第5に高輝度LED、レーザーポインタ等画像データより十分高い輝度をもつポインティングデバイスで投影画像の特徴点を指示した画像を取り込むことで、プロジェクタ配置パラメータの算出が容易になる。

【0095】第6にプロジェクタ内にポインティングデバイスを設けることで、投影画像上の特徴点を正確かつ自動的に指定することが出来る。第7に複数のプロジェクタの投影画像を正確に重ねることが容易にできるので、高輝度プロジェクタ又は多階調プロジェクタとして利用できる。第8に本発明のシステムは、見る人の視点で投影像を評価できるため、平面以外の形状をしたスクリーンへ投影するセッティングも容易に行える。第9に透過型のスクリーンを持ち、投影装置として半導体レーザーを用いたスキャン型のプロジェクタを用いることで、非常に薄型なディスプレイを、非常に簡単なセッ

ティングで実現できる。

【0096】第10に一旦作成した各プロジェクタへの出力画像を記憶する出力画像記憶部を備えることで、複数回にわたって利用する場合、そのたびに計算し直す必要がない。第11に画像投影手段に調整光学系を組み込むことで、投影像のピント外れを含めて各プロジェクタからの投影像を、正確にスクリーン上で合成することが可能になる。

【0097】尚、本発明の要旨をまとめると以下の通りである。

(1) 高精細画像データを生成する画像生成手段と、前記高精細画像データの少なくとも一部を投影する複数のプロジェクタを含む画像投影手段と、前記複数のプロジェクタへ前記高精細画像データの少なくとも一部を選択・処理して出力するための画像処理手段と、からなることを特徴とする画像投影システム。

【0098】この態様は第1実施の形態に対応する。このシステムによれば、本発明のシステムでは、高精細画像データを複数のプロジェクタに分割して投影することで、プロジェクタに用いられている液晶パネルCRTより高解像度な原稿・画像を表示することができる。さらに、高精細画像データを複数のプロジェクタに分割して投影することは、予め記憶した投影状態を基に各プロジェクタへの出力画像を作成するため、調整後の投影は自動的に行うことができる。

(2) 前記画像処理手段は、前記複数のプロジェクタによって歪みのない画像を投影するための処理に必要なパラメータを記憶するパラメータ記憶手段と、前記パラメータに基づいて前記画像データを分割・処理し前記複数のプロジェクタへ出力する画像分割・処理手段と、からなることを特徴とする上記(1)に記載の画像投影システム。

【0099】この態様は第1の実施の形態に対応する。このシステムによれば、本発明のシステムでは、高精細画像データを複数のプロジェクタに分割して投影することで、プロジェクタに用いられている液晶パネルCRTより高解像度な原稿・画像を表示することができる。さらに、高精細画像データを複数のプロジェクタに分割して投影することは、予め記憶した投影状態を基に各プロジェクタへの出力画像を作成するため、調整後の投影は自動的に行うことができる。

(3) 前記画像投影手段が投影したスクリーン上の投影画像を観客の視点近傍で撮影する撮像手段と、投影画像を前記撮像手段で撮影した画像データから前記プロジェクタのスクリーンに対する配置情報であるところの配置パラメータを算出するパラメータ算出手段と、を更に備えたことを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の画像投影システム。

【0100】この態様は第2の実施の形態に対応する。このシステムによれば、各プロジェクタで投影する画像

10

20

30

40

50

としてあおり等を補正した画像を出力するため、原画像に忠実な投影画像が得られる。さらに、複数のプロジェクタの投影画像を観客の視点位置付近に置いた撮像装置で撮影し、得られた画像データから自動的にプロジェクタ同士の位置関係や投影画像の変形を補正するパラメータを算出することができる。そのため、複数のプロジェクタを用いた高精細プロジェクタを非常に簡単にセッティングすることができる。

(4) 前記プロジェクタ配置パラメータは、前記複数のプロジェクタのうち1台もしくはそれ以上から投影された既知のパターンを前記撮像装置で撮影した画像データから算出されることを特徴とする上記(3)に記載の画像投影システム。

【0101】この態様は第2の実施の形態に対応する。このシステムによれば、各プロジェクタで投影する画像としてあおり等を補正した画像を出力するため、原画像に忠実な投影画像が得られる。さらに、複数のプロジェクタの投影画像を観客の視点位置付近に置いた撮像装置で撮影し、得られた画像データから自動的にプロジェクタ同士の位置関係や投影画像の変形を補正するパラメータを算出することができる。そのため、複数のプロジェクタを用いた高精細プロジェクタを非常に簡単にセッティングすることができる。

(5) 前記プロジェクタ配置パラメータは、スクリーン上で特徴点をポインティングされた画像を前記撮像装置で撮影した画像データから算出されることを特徴とする上記(3)に記載の画像投影システム。

【0102】この態様は第3の実施の形態に対応する。このシステムによれば、高輝度LED、レーザーポインタ等画像データより十分高い輝度をもつポインティングデバイスで投影画像の特徴点を指示した画像を取り込むことで、プロジェクタ配置パラメータの算出が容易になる。さらに、プロジェクタ内にポインティングデバイスを設けることで、投影画像上の特徴点を正確かつ自動的に指定することが出来る。

(6) 前記プロジェクタ配置パラメータは、スクリーン上に配置した光センサによって算出されることを特徴とする上記(3)に記載の画像投影システム。

【0103】この態様は第3の実施の形態に対応する。このシステムによれば、スクリーン上の光センサで投影像を感知することで投影画像上の特徴点を正確かつ自動的に指定することが出来る。

(7) 前記複数のプロジェクタの投影画像は、前記画像データ中の空間的に全く同一な部分をスクリーンの同一の場所に投影することを特徴とする上記(2)又は

(3)に記載の画像投影システム。この態様は第4の実施の形態に対応する。

【0104】このシステムは、複数のプロジェクタの投影画像を正確に重ねることが容易にできるので、高輝度プロジェクタ又は多階調プロジェクタとして利用するこ

とができる。

(8) 前記複数のプロジェクタの投影画像は、平面以外の形状をしたスクリーンに投影されることを特徴とする上記(2)又は(3)に記載の画像投影システム。この態様は第8の実施の形態に対応する。

【0105】本システムは、見る人の視点で投影像を評価できるため、平面以外の形状をしたスクリーンへ投影するセッティングも容易に行える。

(9) 前記複数のプロジェクタの投影画像は、透過型のスクリーンに投影することを特徴とする上記(2)又は(3)に記載の画像投影システム。

【0106】この態様は第5の実施の形態に対応する。本システムは、見る人の視点で投影像を評価できるため、反射型以外の形状をしたスクリーンへ投影するセッティングも容易に行える。

(10) 画像処理・分割部で作成された前記複数のプロジェクタへの出力画像を記憶する出力画像記憶部をさらに備えたことを特徴とする特許請求項2又は3に記載の画像投影システム。

【0107】この態様は第6の実施の形態に対応する。このシステムによれば、一旦作成した各プロジェクタへの出力画像を記憶する出力画像記憶部を備えることで、複数回にわたって利用する場合、そのたびに計算し直す必要がない。

(11) 前記画像投影手段は、前記複数のプロジェクタの投影状態を調整しスクリーン上で各プロジェクタの投影像を正確に合成する働きを持つ調整光学系と、前記調整光学系をコントロールする調整光学系コントロール部と、を更に含むことを特徴とする上記(2)又は(3)に記載の画像投影システム。

【0108】この態様は第9の実施の形態に対応する。このシステムによれば、画像投影手段に調整光学系を組み込むことで、投影像のピント外れを含めて各プロジェクタからの投影像を、正確にスクリーン上で合成することが可能になる。

【0109】

【発明の効果】本発明によれば、パーソナルコンピュータと複数のプロジェクタ、高精細な入力画像を分割して各プロジェクタに画像信号を出力するコントローラ部を組み合わせ、入力データの解像度を生かした高精細な投影画像を得る画像投影システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る画像投影システムの構成を示す図である。

【図2】液晶プロジェクタ7とスクリーン8が正対していない場合に、投影画像全体を等倍率で正確なものとする手法を説明するための図である。

【図3】原画像と各プロジェクタへの出力画像の関係を示す図である。

【図4】あおり補正画像生成の手法を示す図である。

【図5】画像処理・分割部4の詳細な構成を示す図である。

【図6】左右のプロジェクタの画像にあおりがある場合、画像分割・処理部4で投影画像を決定する過程を示す図である。

【図7】第2の実施の形態に係る画像投影システムの構成を示す図である。

【図8】パラメータ算出部24の詳細な構成を示す図である。

【図9】第2の実施の形態において、角度を変えた直線を複数回に別けて表示することでパラメータを算出する手法を説明するための図である。

【図10】パラメータを算出する際に投影される投影像30の例として格子点の場合を説明するための図である。

【図11】パラメータ算出部24の他の構成を示す図である。

【図12】第3の実施の形態において、先端に高輝度LEDを設けた差し棒で頂点、格子点などスクリーン上における投影画像の特徴点をポインティングして撮像する例を示す図である。

【図13】第3の実施の形態において、プロジェクタ内にポインティングデバイスを設けた例を示す図である。

【図14】第3の実施の形態において、スクリーン上に微小な光センサを多数配置することで投影状態を決定する例である。

【図15】第4の実施の形態に係る画像投影システムを

説明するための図である。

【図16】第5の実施の形態に係る画像投影システムを説明するための図である。

【図17】第6の実施の形態において、各プロジェクタへの出力画像を記憶する記憶媒体を組み合わせた例を示す図である。

【図18】第7の実施の形態に係る画像投影システムを説明するための図である。

【図19】第8の実施の形態にかかるシステムを薄型ディスプレイに応用した実施の形態を説明する図である。

【図20】マイクロプロジェクタ96を赤、緑、青色の3原色のレーザーで構成した例を示す図である。

【図21】第9の実施の形態による画像シフト調整例を説明するための図である。

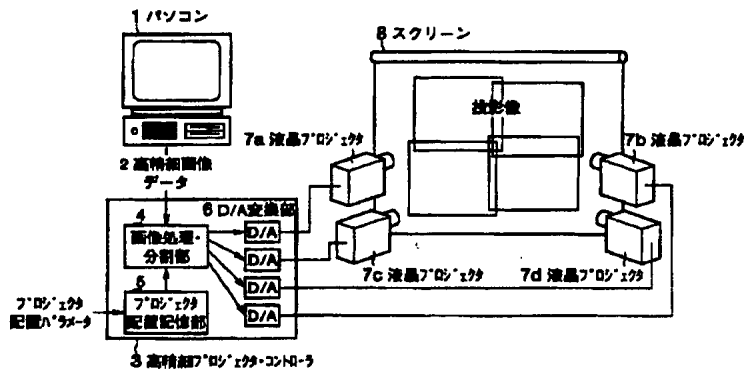
【図22】第9の実施の形態に係る画像投影システムの構成を示す図である。

【図23】従来技術に係る画像投影システムの構成を示す図である。

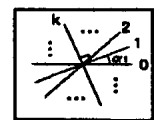
【符号の説明】

- 1 パーソナルコンピュータ
- 2 高精細画像データ
- 3 プロジェクタ・コントローラ
- 4 画像処理分割部
- 5 プロジェクタ配置記憶部
- 6 D/A変換部
- 7 液晶プロジェクタ
- 8 スクリーン

【図1】

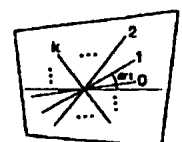


【図9】



各線分の長さはL

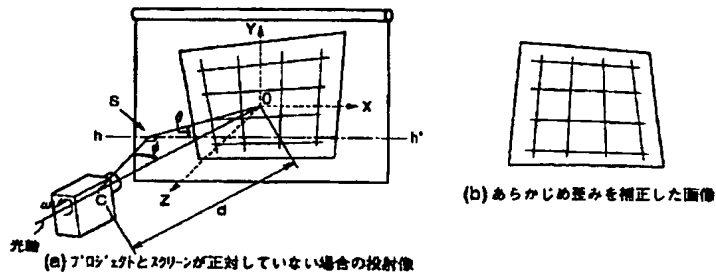
(a)



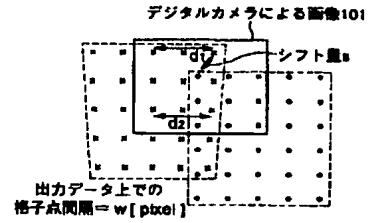
各線分の長さは $L_k = L_{1k} + L_{2k}$

(b)

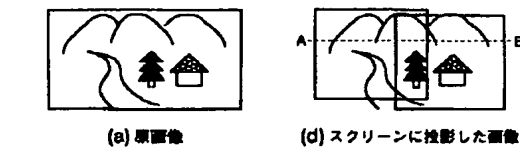
【図2】



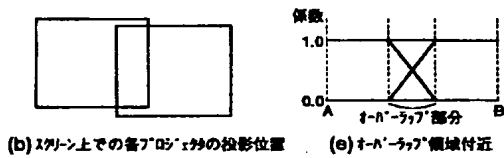
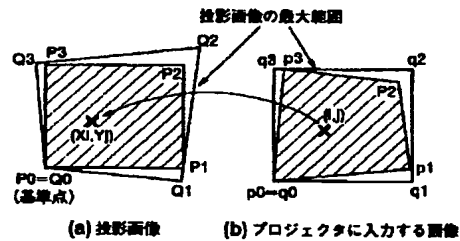
【図10】



【図3】

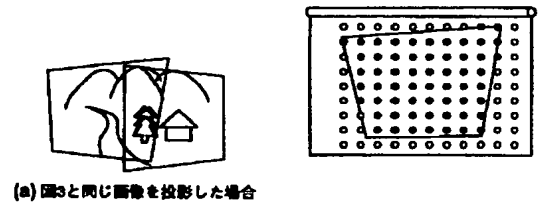
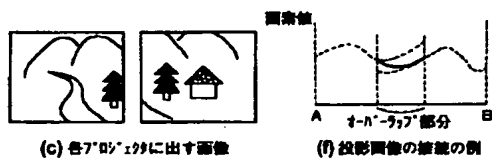


【図4】

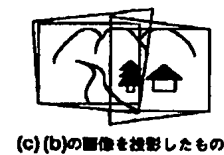
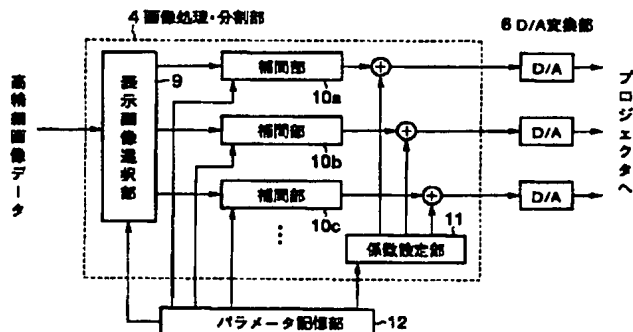


【図6】

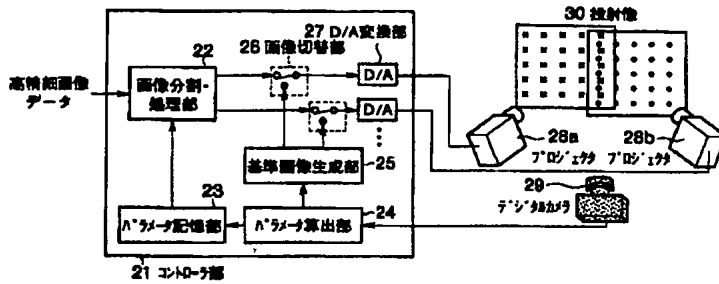
【図14】



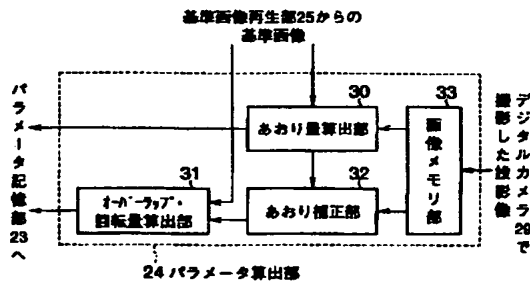
【図5】



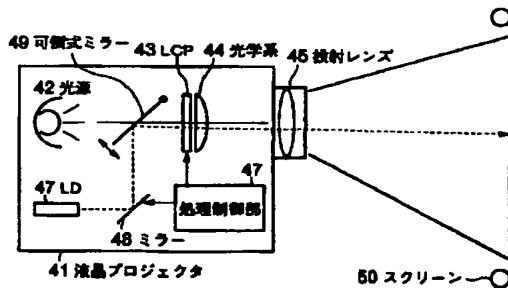
【図7】



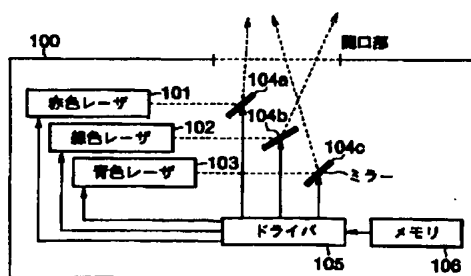
【図8】



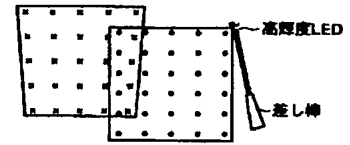
【図13】



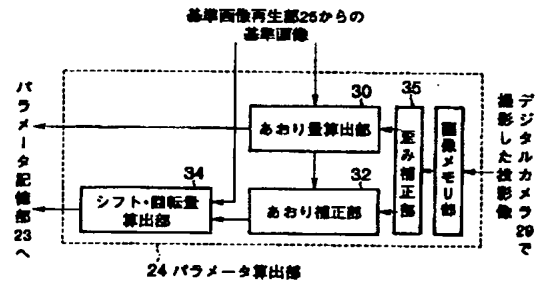
【図20】



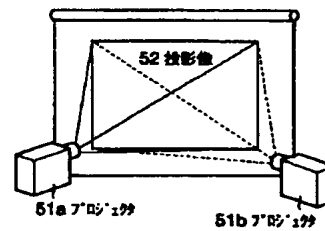
【図12】



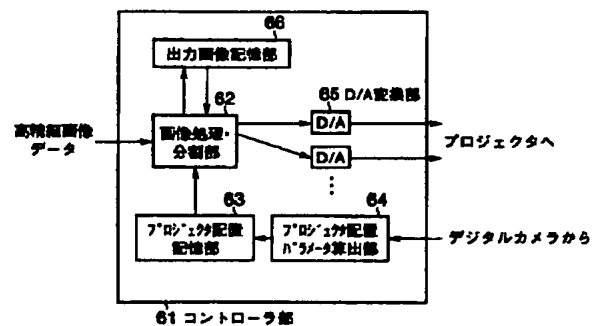
【図11】



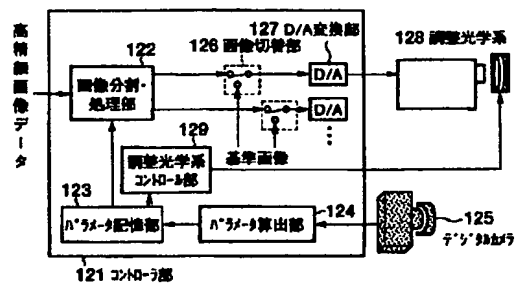
【図15】



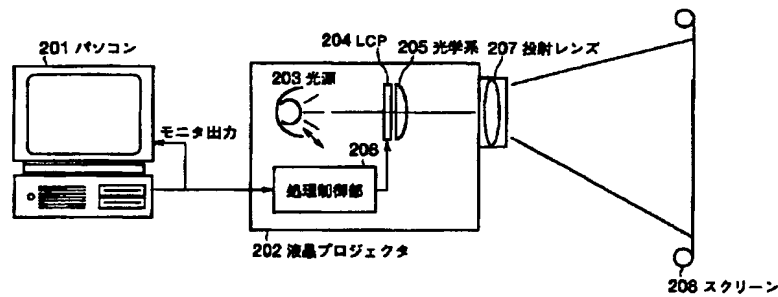
【図17】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 王 康達
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 井 岡路
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内